

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2003092220 A**

(43) Date of publication of application: **28.03.03**

(51) Int. Cl.

**H01F 27/32**

(21) Application number: **2001284075**

(22) Date of filing: **18.09.01**

(71) Applicant: **TOSHIBA CORP KYOCERA  
CHEMICAL CORP**

(72) Inventor: **HOTTA YASUYUKI  
HIRAOKA TOSHIRO  
ASAKAWA KOUJI  
MATAKE SHIGERU  
KISHIMOTO TAIICHI  
IRIE YOSHIKAZU**

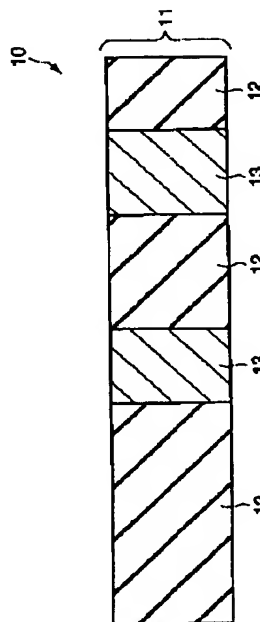
(54) **INDUCTOR**

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a thin film-shaped inductor which ensures a thickness of a conductive part, prevents stress strain and enables manufacturing at a low cost.

**SOLUTION:** The inductor has a sheet (11) formed of a porous insulator having a front face and a rear face, a patterned conductive part (13) which is formed continuously by charging the sheet selectively with a conductive matter and can be connected to an outside and an insulation part (12) which is charged with an insulation matter in a region except for the conductive part inside the sheet.

**COPYRIGHT:** (C)2003,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-92220

(P2003-92220A)

(43) 公開日 平成15年3月28日 (2003.3.28)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テ-マコ-ト\* (参考)

H 0 1 F 27/32

H 0 1 F 27/32

Z 5 E 0 4 4

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2001-284075 (P2001-284075)

(22) 出願日 平成13年9月18日 (2001.9.18)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(71) 出願人 390022415

京セラケミカル株式会社

埼玉県川口市領家五丁目14番25号

(72) 発明者 堀田 康之

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株

式会社東芝研究開発センター内

(74) 代理人 100058479

弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

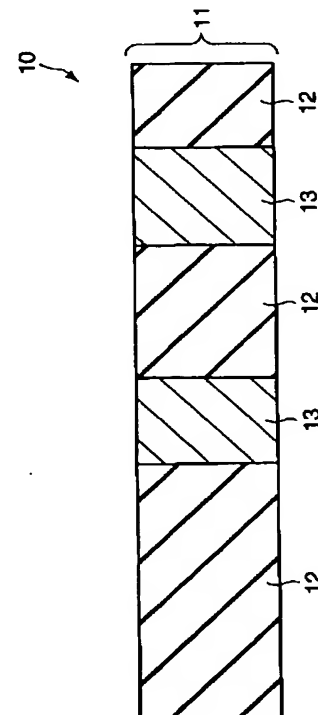
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 インダクタ

(57) 【要約】

【課題】 薄膜型の形状を有し、導電部分の厚みを確保するとともに応力歪を防ぎ、しかも低コストで製造可能なインダクタを提供する。

【解決手段】 表面および裏面を有する多孔質絶縁体からなるシート (11) と、前記シートに選択的に導電性物質を充填することにより連続して形成され、外部に接続可能なパターン化された導電部分 (13) と、前記シート内の前記導電部分以外の領域に絶縁物質が充填された絶縁部分 (12) とを具備することを特徴とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 多孔質絶縁体と、前記多孔質絶縁体の空孔に導電性物質が充填されてなり、外部に接続可能な導電部分と、

前記多孔質絶縁体の前記導電部分以外の空孔に絶縁物質が充填された絶縁部分とを具備することを特徴とするインダクタ。

【請求項 2】 前記多孔質絶縁体は多孔質シートであり前記導電部分は、

前記シートの厚み方向に貫通し、前記シートの表面と裏面とに露出して複数設けられ、その露出面が 2 列に配置された貫通導電部、

前記シートの前記表面に埋め込まれて第 1 の方向に延び、前記貫通導電部の露出面の一方の列の 1 つと、これに最近接する他方の列の 1 つとを繋ぐ表面側非貫通導電部、および前記シートの前記裏面に埋め込まれて、前記第 1 の方向とは異なる第 2 の方向に延び、前記貫通導電部の露出面の一方の列の 1 つと、これに最近接する他方の列の 1 つとを繋ぐ裏面側非貫通導電部を含むことを特徴とする請求項 1 に記載のインダクタ。

【請求項 3】 前記多孔質絶縁体および絶縁材料の少なくとも一方は、 $\epsilon$  値にして 4 以下の誘電率を有することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のインダクタ。

【請求項 4】 前記多孔質絶縁体の空孔率は、40%以上であることを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載のインダクタ。

【請求項 5】 前記多孔質絶縁体の空孔の平均空孔径は、0.05  $\mu$ m 以上 5  $\mu$ m 以下であることを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項に記載のインダクタ。

【請求項 6】 前記多孔質絶縁体は多孔質シートであり、前記導電部分は、前記シートの面内でかつ前記シートの面方向に設定される直線に対し、その周囲にスパイラルを形成するように設けられていることを特徴とする請求項 1 に記載のインダクタ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電気、電子、通信などの分野で用いられるインダクタに係り、特に表面実装用のチップインダクタに関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、電子機器等の軽薄短小化に伴って、それらを構成する各種電気電子部品の高集積化や小型化が進んでいる。また信号の高速化も進み、高周波対応も求められている。そのような流れの中で、小型で表面実装可能なチップインダクタの需要が急激に高まっている。

【0003】チップインダクタは、大きく分けて巻線型チップインダクタ、積層型チップインダクタ、および平面型チップインダクタの 3 種類に分類することができ、

それぞれ次のように製造されている。巻線型チップインダクタは、アルミナやフェライト、または樹脂などのコアに 0.1 mm 程度の導線をコイル状に巻きつけることによって作製される。一方、上述したような電子部品の小型化の流れから、積層型チップインダクタおよび平面型チップインダクタが、現在主として使用されている。積層型チップインダクタは、セラミックやフェライトなどのグリーンシートを用い、配線形成シートと、各配線形成シートを接続するためのスルーホールを設けたシートとを積層して作製される。また、平面型チップインダクタは、絶縁基板上に螺旋状導体パターンを導電ペーストのスクリーン印刷や、スパッタリング等による蒸着で形成される。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】このように、現在様々な形状のチップインダクタが製造されているが、いずれのタイプも、近年の高密度実装や高周波要求に十分応えられないという問題を有している。最も薄膜化が可能な平面型チップインダクタにおいては、高精度、高密度に導電部分の厚みを大きくすることが困難である。その結果、導体抵抗値を低く抑えて、高周波特性の良好な薄膜インダクタを得ることが難しい。しかも、導電部の形成領域に制限が加わるため、巻数を増やせないという問題もある。一方、高密度実装に最も適した積層型チップインダクタにおいては、配線形成シートと、各配線形成シートを接続するためのスルーホールを設けたシートとを積層し作製するため、工程が煩雑でありコストがかかる。さらには、配線形成シートと導電パターンとの熱膨張の違いから、作製中に応力歪が生じてクラックが発生し、製品割れ等を引き起こしてしまう。

【0005】また、近年の高密度実装に対応した多層基板は、有機系樹脂から構成される。このような場合、チップインダクタのコアがセラミックスであると、実装基板へのマウント後に次のような問題を生じる。すなわち、セラミックスと樹脂とは熱膨張差が大きいので、熱サイクルの掛かる環境下においては、インダクタ外部電極部分と多層基板との間で剥離が生じてしまう。

【0006】本発明は、上記従来の課題を鑑みて、薄膜型の形状を有し、導電部分の厚みを確保するとともに応力歪を防ぎ、しかも低コストで製造可能なインダクタを提供することを目的とする。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明は、多孔質絶縁体と、前記多孔質絶縁体の空孔に導電性物質が充填されてなり、外部に接続可能な導電部分と、前記多孔質絶縁体の前記導電部分以外の空孔に絶縁物質が充填された絶縁部分とを具備することを特徴とするインダクタを提供する。

## 【0008】以下、本発明を詳細に説明する。

【0009】本発明にかかるインダクタは、従来の積層

型のような絶縁シートと導電パターンとの積層によらず、モノリシックな構造を有している。すなわち、多孔質絶縁体からなるシートに、導電パターンが選択的に連続して形成され、シート内の残りの領域には絶縁材料が充填されている。

【0010】本発明の一実施例にかかるインダクタの断面の一部を図1に示す。図示するように本発明のインダクタ10においては、多孔質絶縁体からなるシート11には、導電性物質を充填してなる導電パターン13が選択的に形成され、導電パターン13以外の領域12には、絶縁材料が充填されている。導電パターン13は、多孔質絶縁体からなるシート11に導電性物質を充填することによって得られるために、相互に入り組んだ構造をとる。したがって、この導電パターン13部分の剥離が生じることはない。また、モノリシックな構造であるゆえに、応力歪を防ぐことも可能となる。

【0011】こうした断面構造を有する本発明の一実施例のインダクタの斜視図を図2に示す。図2に示されるインダクタ10においては、多孔質絶縁体からなるシート11に選択的に、導電パターン13が連続して形成されている。この導電パターン13は、シートの面が広がっている方向に中心線を有するスパイラル状であるということができる。また導電パターン13は、多孔質絶縁体からなるシート11に、選択的に導電性物質を充填することにより貫通および非貫通の導電部分を設けて、連続して形成されたものである。すなわち、多孔質絶縁体シートには、その厚み方向に貫通し、シートの表面および裏面に露出して複数の貫通導電部が設けられ、その露出面は2列に配置されている。シートの表面には、第1の方向に延びて、貫通導電部の露出面の一方の列の1つと、これに最近接する他方の列の1つとを繋ぐ表面側非貫通導電部が埋め込まれ、シートの裏面には、前述の第1の方向とは異なる第2の方向に延び、貫通導電部の露出面の一方の列の1つと、これに最近接する他方の列の1つとを繋ぐ裏面側非貫通導電部が埋め込まれている。このような貫通導電部、表面側非貫通導電部、および裏面側非貫通導電部によって、導電パターン13が構成される。こうしたインダクタの貫通導電部における断面が、図1に示されている。

【0012】このような構成の本発明の一実施例にかかるインダクタは、薄膜型の形状を有しているため高密度実装に対応し、導電部分の厚みを確保できることに起因して導体抵抗が低い。したがって、良好な高周波特性を有する。

【0013】ここで、本発明のインダクタを構成する多孔質絶縁体シート、およびインダクタの製造方法を詳述する。なお、以下に示すのは一例であって、本発明に使用される導電パターンとしての条件を満たしていれば、いかなる方法で製造されても何等差し支えない。

【0014】シートを構成する多孔質絶縁体としては、

任意の絶縁材料を用いることができるが、具体的には、樹脂やセラミックスなどが挙げられる。

【0015】樹脂としては、例えばガラスエポキシ樹脂や、ビスマレイミドトリアジン樹脂およびPPE樹脂、また、ベースフィルムに多用されるポリイミド樹脂や、その他ポリフッ化エチレン系、フッ化エチレン-プロピレン共重合体、ポリフッ化ビニル等のフッ素含有ポリマー、ポリオレフィン、アクリル系ポリマー、ポリアリルエーテル系などのポリエーテル、ポリアリレート系などのポリエステル、ポリアミド、ポリエーテルスルホン等の一般にエンジニアリングプラスチックと呼ばれている樹脂が挙げられる。

【0016】またセラミックスとしては、ガラス、アルミナ、窒化アルミ等の不織布が挙げられる。

【0017】特に、ポリイミド、ポリアミド、ポリアリルエーテル、ポリアリレート、およびポリエーテルスルホンなどの耐熱性ポリマーからなるシートは、本発明のインダクタのみならず配線をと共に形成した基板として用いることができる。また、1、2-結合型あるいは1、4-結合型のポリブタジエンなどの共役ジエンモノマーを重合して得られたポリマーであって、側鎖中あるいは主鎖中に二重結合を有するポリマーを架橋したものでもよい。

【0018】前記多孔質絶縁体に可撓性のある樹脂を用いれば、インダクタ自体に可撓性を付与することができる。また、前記多孔質絶縁体の誘電率 $\epsilon$ が4以下であるものを用いることが望ましい。具体的には、シロキサン系樹脂、ポリテトラフルオロエチレン等のフッ素含有ポリマーなどが挙げられる。それにより、信号の損失を抑え高周波特性に優れたインダクタを得ることができる。また、前記多孔質絶縁体としてはインダクタを搭載する基板の材質と熱膨張係数がほぼ同程度の材料を用いることも望ましい。

【0019】樹脂からなる多孔質体は、湿式法または乾式法などの手法によって容易に作製することができる。

【0020】例えば、湿式法により多孔質樹脂シートを作製する場合には、まず、孔形成剤である無機微粉末および有機溶剤を樹脂に添加し、練り合わせて混合物を調製する。次いで、これを成膜した後、溶剤で無機微粉末および有機溶剤を抽出する。その後、必要に応じて延伸する。

【0021】また、例えば乾式法により多孔質樹脂シートを作製する際には、湿式法の場合と同様に調製した混合物を、シート状に押し出し成形する。次いで、必要に応じて熱処理を施した後、これを一軸もしくは二軸延伸する。

【0022】これら湿式法および乾式法のいずれの手法により多孔質樹脂シートを作製する場合も、必要であれば寸法安定性のために、延伸後の樹脂シートに対して熱処理を行なってもよい。また、前述の添加物等を加えず

に、樹脂シート成形後、この樹脂シートを延伸多孔質化することによっても、所望の多孔質樹脂シートを容易に作製できる。

【0023】ここで、多孔質絶縁体における空孔は、三次元的に連続して多孔質絶縁体の外部に開放されていることが必要であり、外部に開放端のない独立気泡はできるだけ少ないことが望まれる。また、導電パターンの高周波特性などを向上させるために、空孔率は、多孔質絶縁体シートの機械的強度が保たれる範囲において高い方が望まれる。具体的には、空孔率は40%以上であることが好ましく、60%以上であることがより好ましい。

【0024】また、多孔質絶縁体における空孔の平均空孔径は、0.05~5 $\mu$ mであることが好ましく、0.1~0.5 $\mu$ mであることがより好ましい。空孔径が大きすぎる場合には、微細な導電パターンを形成することが困難となる。一方、空孔径が小さすぎると、導電パターンを形成するための導電性物質を多孔質絶縁体中に充填しにくくなってしまふ。多孔質絶縁体における空孔の平均空孔径は、小角X線散乱測定、光散乱測定や、断面の光学顕微鏡、走査型電子顕微鏡、あるいは透過型電子顕微鏡などの観察によって測定可能である。

【0025】上述したような三次元的に連続した空孔を有する多孔質絶縁体は、種々の手法によって作製することができる。例えば、ビーズを積層したものや、グリーンシート、ビーズの積層構造を鋳型として作製した多孔質体、気泡や液泡の積層体を鋳型として形成した多孔質体、シリカゾルを超臨界乾燥して得られるシリカエアロゲル、ポリマーのミクロ相分離構造から形成した多孔質体、ポリマーやシリカなどの混合物のスピンコーダ分解によって生じた共連続構造などの相分離構造から適切な相を除去することによって作製した多孔質体、エマルジョンテンプレート法などによって作製した多孔質体、B. H. Cumpstonら (Nature, vol. 398, 51, 1999) や M. Campbellら (Nature, vol. 404, 53, 2000) が報告しているような三次元光造形法を用いて作製した多孔質体などを用いることができる。

【0026】多孔質絶縁体シートの厚みは、適宜決定することができるが、導電性物質を充填してなる導電パターンの厚みを確保するために5 $\mu$ m以上であることが好ましく、10 $\mu$ m以上であることがより好ましい。5 $\mu$ m未満では導電パターンの厚みを確保することができず、望ましい高周波特性が得られなくなるおそれがある。

【0027】こうした多孔質絶縁体シートに充填して導電パターンを形成するための導電性物質としては、銅、ニッケル、金、銀などの金属、あるいはこれらの合金などが挙げられる。さらに、インジウムチンオキサイドなどの導電性セラミックス、グラファイトなどの炭素材料、ハイドロブされたシリコンなどの半導体、ポリアニ

リン誘導体、ポリチオフェン誘導体、およびポリピロール誘導体などの導電性ポリマーなどを用いることもできる。

【0028】導電性物質を多孔質絶縁体シートの所望の領域に含浸、充填して導電パターンを形成する方法は特に限定されず、広く公知の技術を用いることができる。導電性物質の微粒子や溶液をスクリーン印刷や凹版印刷などの手法で多孔質絶縁体シートに印刷してもよい。また、エネルギー線を照射して照射領域の浸透性を変化させることによって、導電性物質を特定の領域に浸透させてもよい。この場合には、例えば、フッ素系表面処理剤で撥水处理した多孔質絶縁体シートを用い、その所望の領域にエネルギー線を照射してフッ素系表面処理剤を選択的に除去する。この多孔質絶縁体シートを、例えばスルホン化ポリアニリンなどの導電性ポリマーの水溶液に浸漬などすれば、フッ素が除去された領域にのみ導電性ポリマー溶液が浸み込む。その後、乾燥することにより、フッ素が除去された領域のみを導電性ポリマーによって選択的に導電化することができる。

【0029】あるいは、例えば、特開平6-293837号公報に開示されている手法を採用することもできる。この場合には、まず、親水性溶液を含浸したPTFE多孔質シートの所定の領域に紫外線を照射して、露光部を選択的に親水化する。その後、前述と同様に導電性ポリマーの水溶液に浸漬することによって、露光部に選択的に導電性ポリマーを含浸することが可能である。

【0030】さらに、CVDや無電解めっきなどの触媒を、所望の領域に選択的に発生あるいは吸着させることによって、導電パターンを作製することもできる。また、エネルギー線照射によって多孔質絶縁体シートの空孔内表面を改質するなどして、露光部または未露光部に選択的に触媒を発生または吸着させてもよい。この場合には、CVDあるいは無電解めっきなどの方法によって、触媒発生部あるいは触媒吸着部に金属などの導電性物質を充填することができる。

【0031】プロセスが容易であり、しかも微細で高精度なビア形状や配線形状を一度に形成可能なことから、特願2000-159163および特願2001-093668等において本発明者らが提案したようなパターンメッキ手法を用いることが最も好ましい。

【0032】以下に、本発明において使用されるパターンメッキ手法を、各工程毎に説明する。

#### 【0033】<工程1>

工程(1)：まず、露光によりイオン交換性基を生成する、あるいは消失する化合物を含有する感光性組成物を、多孔質絶縁体シートに薄膜塗布する。

【0034】このパターンメッキ手法において用いられる感光性組成物は、光照射によりイオン交換性基を生成する化合物、または光照射によりイオン交換性基を消失する化合物を含有する。露光によりイオン交換性基を生

成する化合物は、露光による化学反応をきっかけにする多段階反応によりイオン交換性基を生じるものであってもよい。こうした化合物は、まず、露光により化学反応を生じて何らかのイオン交換性基の前駆体を生じ、この前駆体がさらに化学反応を生じることによってイオン交換性基を生成する。

【0035】露光によりイオン交換性基を生成する化合物としては、(i) 露光によりイオン交換能を有する官能基を発生する化合物が挙げられる。

【0036】また、露光によりイオン交換性基を消失する化合物としては、(ii) 露光前には、イオン交換能を有する官能基を有し、露光後に水に溶解あるいは膨潤しにくい疎水的な性質を有する官能基を発生する化合物が挙げられる。

【0037】前述の(i)、(ii)においてイオン交換性を有する官能基としては、親水性の官能基が挙げられ、 $-COOX$ 基、 $-SO_3X$ 基、 $-PO_3X_2$ 基( $X$ は水素原子、アルカリ金属やアルカリ土類金属および周期律表1、2族に属する典型金属、およびアンモニウム基から選択される)および $-NH_2 \cdot OH$ 等が挙げられる。

【0038】特に(i)、(ii)において、イオン交換能を有する官能基としては、陽イオン交換性基であるものが、金属イオンとイオン交換を行ないやすいため望ましい。こうした陽イオン交換性基としては、 $-COOX$ 基、 $-SO_3X$ 基あるいは $-PO_3X_2$ 基等の酸性基

(ただし、 $X$ は水素原子、アルカリ金属やアルカリ土類金属及び周期律表I、II族に属する典型金属、アンモニウム基)が特に好ましい。これらが含まれていると、後工程である金属イオン交換後、還元生成した金属あるいは金属微粒子との安定した吸着が得られる。

【0039】また、前述の陽イオン交換性基のうちでも、水中でのイオン解離特性から求めた $pK_a$ 値が7.2以下を呈するものがより好ましい。 $pK_a$ 値が7.2を越えたイオン交換性基は、引き続いて行なわれる金属イオンまたは金属を結合させる工程(工程(3))において、単位面積当たりの結合が少ない。したがって、その後形成させる導電部分に、所望される十分な導電性が得られないおそれがある。

【0040】光照射によりイオン交換性基を生成あるいは消失する化合物としては、280nm以上の波長の光照射によりイオン交換性基を生成あるいは消失する化合物を使用することが好ましい。これは、有機高分子材料系を多孔質絶縁体として用いた場合、その構造によっては、280nm以下の波長の光照射で、強度の劣化を招くおそれが生ずるためである。

【0041】280nm以上の波長の光照射によりイオン交換性基を生成する化合物の具体例としては、ナフトキノンジアジド誘導体および $\alpha$ -ニトロベンジルエステル誘導体、 $p$ -ニトロベンジルエステルスルフォネート誘導体およびナフチルもしくはフタルイミドトリフルオ

ロスルフォネート誘導体等が挙げられる。

【0042】特にナフトキノンジアジド誘導体を用いた場合、エネルギーの低い280nm以上の波長の光で、しかも短時間に十分に微細なパターンニングが可能である。また、ナフトキノンジアジド誘導体は露光時に光ブリーチングを起こし、およそ300nm以上の波長域で透明化する。そのため、膜厚方向に深くまで露光することが可能であり、多孔質絶縁体シートの膜厚方向に貫通して露光する際などに非常に適している。

【0043】なお、感光性組成物層は、後工程において金属イオン含有水溶液やアルカリまたは酸性水溶液中に曝される。イオン交換反応によりイオン化した感光性組成物は水溶液に溶解しやすいため、基材としての多孔質絶縁体シートから剥離しやすくなる。そこで、基材からの剥離を防ぐために、イオン交換性基生成反応を生じる基がポリマーや高分子化合物等に担持、あるいは結合されているものが好ましい。そのような観点から、280nm以上の波長の光照射によりイオン交換性基を生成する化合物としては、1, 2-ナフトキノンジアジドスルホン置換フェノール樹脂誘導体、1, 2-ナフトキノンジアジドスルホン置換ポリスチレン誘導体等が好適である。

【0044】また、280nm以上の波長の光照射によりイオン交換性基を生成する化合物の他の例としては、ポリマーの構造中に含有されるカルボキシル基などのイオン交換性基に保護基を導入した化合物が挙げられる。この化合物を用いる場合には、280nm以上の波長の光を照射することによって酸を発生する光酸発生剤が感光性組成物に添加される。後工程の露光によって光酸発生剤から酸が発生し、その発生した酸で保護基が分解することによりイオン交換性基が生成する。なお、前述のポリマーとしては、フェノールノボラック樹脂、キシレノールノボラック樹脂、ビニルフェノール樹脂、クレゾールノボラック樹脂等のフェノール系樹脂やポリアミド酸やポリアクリル酸、ポリメタクリル酸等のカルボキシル基含有ポリマー等が挙げられる。

【0045】フェノール系樹脂の保護基としては、*tert*-ブトキシカルボニルメチル基や*tert*-ブトキシカルボニルエチル基などの*tert*-ブチルエステル誘導体置換基が挙げられる。

【0046】一方、ポリアミド酸やポリアクリル酸等においては、構造中のカルボキシル基の保護基としてメチル基、エチル基、*n*-プロピル基、*i*-プロピル基、*n*-ブチル基、*sec*-ブチル基、*tert*-ブチル基、ベンジルアルコキシ基、2-アセトキシエチル基、2-メトキシエチル基、メトキシメチル基、2-エトキシエチル基、3-メトキシ-1-プロピル基等のアルコキシ基やトリメチルシリル基、トリエチルシリル基、トリフェニルシリル基等のアルキルシリル基が挙げられる。

【0047】こうした保護基の脱保護のために好適な光

10

20

30

40

50

酸発生剤としては、 $\text{CF}_3\text{SO}_3^-$ 、 $p\text{-CH}_3\text{PhSO}_3^-$ 、 $p\text{-NO}_2\text{PhSO}_3^-$ 等に対アニオンとするオニウム塩、ジアゾニウム塩、ホスホニウム塩、ヨードニウム塩等の塩、有機ハロゲン化合物、およびオルトキノンジアジドスルホン酸エステルなどを用いることができる。

【0048】また、光酸発生剤の作用によらずに光を照射するのみでカルボン酸などのイオン交換性基を生成する保護基としては、 $o$ -ニトロベンジルエステル基が挙げられる。

【0049】一方、280nm以上の波長の光照射によりイオン交換性基を消失する、すなわち露光前にはイオン交換能を有し、露光後に水に溶解あるいは膨潤しにくい疎水的な性質を有する官能基を発生する化合物としては、次のような化合物を用いることができる。すなわち、イオン交換性基である $-\text{COOX}$ 基、 $-\text{SO}_3\text{X}$ 基あるいは $-\text{PO}_3\text{X}_2$ 基などの酸性基（ただし、Xは水素原子、アルカリ金属やアルカリ土類金属及び周期律表 I、II族の属する典型金属、アンモニウム基）を、その組成物骨格中に有し、光照射によりイオン交換能が消失する化合物である。

【0050】露光前にはイオン交換能を有し、露光後に水に溶解あるいは膨潤しにくい疎水的な性質を有する官能基を発生する化合物としては、塩基性物質の存在下での光照射により脱炭酸反応を起こして分解することのできるカルボキシル基含有化合物が挙げられる。この場合には、前述のカルボキシル基含有化合物に加えて、光酸発生剤と塩基性化合物とが感光性組成物中に添加される。こうした組成物においては、露光により発生した酸が、脱炭酸反応に関わる塩基性化合物を中和してしまう。このため、露光部ではカルボキシル基がそのまま残り、未露光部においては脱炭酸反応が進行するというメカニズムによって、露光部のイオン交換能が消滅する。

【0051】脱炭酸反応を起こして分解することのできるカルボキシル基含有化合物としては、任意の化合物を選択できるが、塩基性化合物により脱炭酸反応が進行しやすい化合物が好ましい。そのような化合物としては、カルボキシル基の $\alpha$ 位または $\beta$ 位に電子吸引性基または不飽和結合を有するものが挙げられる。ここで、電子吸引性基は、カルボキシル基、シアノ基、ニトロ基、アリール基、カルボニル基、またはハロゲンであることが好ましい。

【0052】このようなカルボキシル基含有化合物の具体例としては、 $\alpha$ -シアノカルボン酸誘導体、 $\alpha$ -ニトロカルボン酸誘導体、 $\alpha$ -フェニルカルボン酸誘導体、 $\beta$ 、 $\gamma$ -オレフィンカルボン酸などが挙げられる。

【0053】添加する光酸発生剤としては、上述した光酸発生剤が挙げられ、280nm以上の波長で酸を発生するものが特に好ましい。

【0054】添加される塩基性化合物としては、光酸発

生剤から放出される酸によって中和され、カルボキシル基含有化合物の脱炭酸反応の触媒として作用するものであれば任意のものを用いることができる。この塩基性化合物は有機化合物、無機化合物いずれでも構わないが、好ましいのは含窒素化合物である。具体的には、アンモニア、1級アミン類、2級アミン類、および3級アミン類等が挙げられる。これら塩基性化合物の含有量は、感光性組成物中0.1~30重量%、好ましくは0.5~15重量%である。0.1重量%未満の場合には、脱炭酸反応が十分に進まなくなり、30重量%を越えると、未露光部に残存するカルボキシル基含有化合物の劣化を引き起こすおそれがある。

【0055】<工程(2)>次に、工程(1)によって多孔質絶縁体シートに形成された感光性組成物層に対して、所望の導電パターンにパターン露光を施して、感光性組成物層の露光部にイオン交換性基を生成あるいは消失させる。こうして、イオン交換性基のパターンを、感光性組成物層に形成する。

【0056】パターン露光においては、導電パターンのネガ像を形成したマスクを用いて、導電パターン部以外の部分のイオン交換性基を生成あるいは消失させることもできる。

【0057】露光に用いられるマスクに形成されるパターンは、連続して曲がった形状を有していれば特に限定されず、スパイラル状や連続したU字の繰り返しなどが挙げられる。これらの形状は、角部を有していてもよい。用いる感光性組成物の感光特性に応じて、マスクに設けられた光透過領域または光不透過領域が、多孔質絶縁体シートに形成される導電部分に対応することになる。インダクタにおいては、単位面積当たりの導電部分の面積が多いほど、すなわち、導電配線部分の厚みが厚い程、Q値等の高周波特性が良好であり、さらには直流抵抗も低く抑えることができる。したがって、多孔質絶縁体シートに形成される導電部分の全面積が可能な限り多くなるように、マスクにおけるパターンの幅やスペースを選択することが望まれる。例えば、多孔質絶縁体シートにおける露光部に導電パターンを形成する場合、すなわち、光照射によりイオン交換性基を生成する化合物を含有する感光性組成物が用いられる場合には、マスクにおけるパターンの幅およびスペースの実用的な範囲は、それぞれ10~1000 $\mu\text{m}$ 程度および1~1000 $\mu\text{m}$ 程度である。

【0058】露光に際しては、必ずしもマスクを用いる必要はなく、例えば、レーザービームなどを用いて導電パターンどおりに描画して露光してもよい。また、光の干渉によって生じる干渉縞などの周期的な光強度パターンを用いて周期的なパターンを露光してもよい。

【0059】イオン交換性基を生成あるいは消失させるために照射される露光光としては、波長が280nm以上のものが好ましく用いられる。なお、露光による多孔

10

20

30

40

50



質絶縁体の劣化を低く抑えるためには、露光光の波長は 300 nm 以上であることがより好ましく、350 nm 以上であることが最も好ましい。

【0060】特に、芳香族化合物から構成される多孔質絶縁体シートに対して、その厚み方向に内部に露光する場合には、長波長の露光光を用いることが肝要である。多孔質体絶縁体シートが芳香族ポリイミドなどで構成される場合には、ポリイミドの吸収の吸収端が 450 nm 以上になるものも少なくない。こうした場合には、さらに長波長の 500 nm 以上の波長を有する露光光でパター

ン露光を行なうことが好ましい。

【0061】工程(2)で用いる露光光源としては、紫外光源、可視光源のほか、 $\beta$ 線(電子線)、X線など光源のなかから所定の波長の露光光を生じるものを選択して使用することができる。紫外光源、あるいは可視光源は、具体的には水素放電管、希ガス放電管、タングステンランプ、ハロゲンランプのような連続スペクトル光源、各種レーザー、水銀灯のような不連続スペクトル光源などのなかから選択して用いる。

【0062】工程(2)においては、感光性組成物層のイオン交換性基に対して、後工程の工程(3)で金属イオンの結合量を増量するために、イオン交換性基の中和、あるいはそのイオン交換性基を形成した部分の膨潤を行なってもよい。そのためには、多孔質絶縁体シートを酸またはアルカリ溶液に吹き付けや浸漬などの手法によって接触させる。特に、アルカリ溶液として水酸化リチウム、水酸化カリウム、水酸化ナトリウム等の水酸化物、炭酸リチウム、炭酸カリウム、炭酸ナトリウム等のアルカリ金属塩、ナトリウムメトキシドやカリウムエトキシド等の金属アルコキシドや水素化ホウ素ナトリウム等の水溶液の少なくとも1種を用い、これらの溶液に浸漬するのがよい。こうした溶液は、単独であるいは混合して用いることができる。

【0063】<工程(3)>次に、露光により形成されたイオン交換性基のパターンに、選択的に金属イオンまたは金属微粒子を結合させて、導電部分を形成する。

【0064】イオン交換性基と金属イオンとの交換反応を生じさせるには、例えば金属塩を含有する水溶液などに、パターン露光後の多孔質絶縁体シートを浸漬させるだけで容易に行なうことができる。

【0065】金属イオンとして用いられる金属元素としては、銅、銀、パラジウム、ニッケル、コバルト、錫、チタン、鉛、白金、金、クロミウム、モリブデン、鉄、イリジウム、タングステン、およびロジウム等が挙げられる。

【0066】これらの金属元素は、硫酸塩、酢酸塩、硝酸塩、塩化物、および炭酸塩等のような金属塩として溶液中に含有させる。特に、硫酸銅が好ましい。こうした金属塩は、溶液における金属イオンの濃度が0.001~10M、好ましくは0.01~1Mとなるよう配合す

るのが適切である。なお、金属塩を溶解させる溶媒は、水あるいは有機溶媒系、例えばメタノールやイソプロパノール等であってもよい。

【0067】また、金属微粒子が分散した溶液を用いることもできる。イオン交換性基とコロイド状態の金属微粒子とは、静電的な相互作用などによって選択的に結合を生じる。したがって、イオン交換性基と金属微粒子との結合は、金属微粒子が分散した溶液に多孔質絶縁体シートを浸漬させるだけで容易に生じさせることができる。

【0068】例えば、塩酸酸性水溶液中に塩化パラジウムと塩化スズとを混合して作製する無電解メッキの触媒として使用されるパラジウムスズコロイド、またパラジウムのハロゲン化物、酸化物、アセチル化錯体の分散溶液中に多孔質絶縁体シートを浸漬させる。それによって、イオン交換性基上に位置選択的に金属微粒子が容易に結合を生じる。

【0069】以上のようにして、多孔質絶縁体シートにパターン化された導電部分を形成することができる。導電パターンは、多孔質絶縁体シートを貫通して形成されてもよい。なお、抵抗値低減の点から、非貫通に形成される場合には、導電パターンの厚みは5 $\mu$ m以上であることが好ましく、10 $\mu$ m以上であることがより好ましい。

【0070】また、以下の工程(4)、工程(5)のいずれか一方、あるいはその両方を行なうことによって、導電部分の導電性をさらに向上させることができる。

【0071】<工程(4)>イオン交換により多孔質絶縁体シートに形成された導電部分の導電性を向上させるために、イオン交換性基に結合した金属イオンを還元剤と接触させて金属化させる。

【0072】用いられる還元剤は特に限定されないが、ジメチルアミンボラン、トリメチルアミンボラン、ヒドラジン、ホルマリン、水素化ホウ素ナトリウムや、次亜リン酸ナトリウム等の次亜リン酸塩等が挙げられる。こうした還元剤を含有する溶液に、前述の工程(3)までを経た多孔質絶縁体シートを浸漬することによって、導電部分を金属化させることができる。

【0073】<工程(5)>導電部分に対し導電性を向上させるために、無電解めっきを施す。これにより、導電部の空孔内を金属である程度充填することができる。

【0074】金属としては、電気抵抗が少なく、比較的腐食しにくい銅が最も好ましい。具体的には、前工程で得られた導電部を触媒核として、無電解メッキ液と接触させる。

【0075】無電解メッキ液としては、例えば、銅、銀、パラジウム、ニッケル、コバルト、白金、金、ロジウム等の金属イオンを含有するものが挙げられる。

【0076】この無電解メッキ液には、前述の金属塩水溶液の他にホルムアルデヒド、ヒドラジン、次亜リン酸

10

20

30

40

50



ナトリウム、水素化ホウ素ナトリウム、アスコルビン酸、グリオキシル酸等の還元剤、酢酸ナトリウム、EDTA、酒石酸、リンゴ酸、クエン酸、グリシン等の錯化剤や析出制御剤等が含まれており、これらの多くは市販されており簡単に入手することができる。そこで、前記部材をこれらの無電解メッキ液の所望される導電膜厚、若しくは多孔質内部への充填が完了するまで浸漬しておけばよい。

【0077】上述したようなパターンメッキ手法で導電パターンを形成する場合には、多孔質絶縁体シート内に埋め込まれる導電部分の領域を、露光によって決定することができる。このため、一度の露光によって、導電パターン形成領域を多孔質絶縁体シートに形成することが可能である。すなわち、シートの表面および裏面に埋め込まれる導電部分は、このシートに対して非貫通となるように露光量を少なくする。一方、それら双方のパターンを接続するビアとなる部分には、多孔質絶縁体シートを貫通するだけの露光量を与える。露光量の調整は、露光に用いるマスクの工夫で容易に調整可能である。

【0078】具体的には、貫通したビア様の領域を多孔質絶縁体シート内に形成するためのマスクの光全透過領域としては、通常の白抜きマスクを用いる。一方、非貫通の配線様の領域を多孔質絶縁体シートの表面および裏面に埋め込んで形成するためのマスクの光透過抑制領域は、ハーフトーンで構成して光の透過を抑制する。あるいは、複数の微細なパターンを配置して光透過抑制領域を構成することもできる。この場合、微細なパターンの大きさは、 $0.1\mu\text{m}$ 以上 $10\mu\text{m}$ 以下であることが好ましく、この微細パターンの大きさや配置によって光の透過量を調整して、多孔質絶縁体シート内の金属充填深さを決定することができる。なお、導電配線部分の抵抗を低減し、Q特性を向上させるためには、多孔質絶縁体シートに形成される非貫通の配線様の領域における金属充填深さは、多孔質絶縁体シートの厚さにはよらず $5\mu\text{m}$ 以上であることが好ましく、 $10\mu\text{m}$ 以上であることがより好ましい。

【0079】光全透過領域と光透過抑制領域との2種類の光透過領域を有するマスクを2枚組み合わせることで、多孔質絶縁体シートの表面、裏面、および表裏面に貫通した所定の導電部分形成領域を、一度の露光により感光することができる。この場合には、表面露光用のマスクには、多孔質絶縁体シートの表面側に形成される非貫通部のパターンおよび貫通部のパターンを、上述したような光透過抑制領域および光全透過領域でそれぞれ形成しておく。表面露光用マスクにおける光透過抑制領域は、光全透過領域を繋いで特定の第1の方向に延びて形成される。一方の裏面露光用のマスクにも、多孔質絶縁体シートの裏面側に形成される非貫通部のパターンと貫通部のパターンとを、同様に形成しておく。この裏面露光用マスクにおける光透過抑制領域も光

全透過領域を繋いでいるが、前述の第1の方向とは異なる第2の方向に延びて形成される。このとき、各マスクにおける貫通部のパターンは、実質的に重なり合うことが必要である。

【0080】こうした2枚のマスクを多孔質絶縁体シートの表面側および裏面側に配置して、両面から露光することによって、所望のスパイラル状導電パターン形成領域を多孔質絶縁体シートに一度に感光することができる。引き続いて、めっき処理等を施すことによって、多孔質絶縁体シートにはスパイラル状の導電パターンが形成される。こうした手法は、低コストに行なえる点でも有利である。

【0081】また、マスクの光透過領域を制御することによって、多種多様な任意のパターンを、多孔質絶縁体シートに描くことができる。したがって、インダクタ部分に相当する光透過領域と、金属配線部分に相当する光透過領域とを有するマスクを用いて上述したように露光を行なうことによって、同一の多孔質絶縁体シート内に、インダクタ部分と金属配線部分とを同時に一括して感光することができる。引き続いてめっき処理等を施すことによって、導電パターンからなるインダクタおよび金属配線が単一の多孔質絶縁体シートに形成される。このようなシートを配線基板のうちの1層に用いることによって、インダクタ素子内蔵基板を作製することも可能である。

【0082】導電パターンを形成した後の多孔質絶縁体シートの空孔には、樹脂等の絶縁材料が充填される。何も充填しない場合には、導電性物質がマイグレーションするなどして信頼性が低下してしまう。充填される絶縁材料としては、無機材料および有機材料のいずれでもよく、これらの複合材料を用いることもできる。充填される絶縁材料は、シートを構成している多孔質絶縁体と同様の材料であってもよい。

【0083】例えば、シリカゾルなどのセラミック前駆体溶液を含浸してセラミックスを充填することができ、熱可塑性樹脂や硬化性樹脂などの樹脂を充填してもよい。硬化性樹脂としては、熱硬化性、光硬化性、電子線硬化性など特に限定されない。具体的には、例えばエポキシ樹脂、ビスマレイミド樹脂、ビスマレイミドトリアジン樹脂、ベンゾシクロブテン樹脂、ポリイミド樹脂、ポリブタジエン樹脂、シリコン樹脂、およびポリカルボジイミド樹脂などが用いられる。

【0084】こうした樹脂には、セラミックスなどの微粒子が分散されていてもよい。ただし、多孔質空孔内への含浸性を考慮すると、分散されるセラミックス微粒子の含有量は、樹脂成分に対して $0.1\sim 70$ 重量%程度とすることが好ましい。充填に用いられる樹脂材料としては、ベンゾシクロブテン樹脂や、ポリブタジエン樹脂、シリコン樹脂等の低誘電率なものが好ましく、 $\epsilon$ 値にして4以下のものが望ましい。このような含浸樹脂

として一般的によく使用されるエポキシ樹脂においても、分子中へのフッ素やナフタレン骨格等の導入や、硬化剤からの改良で低誘電率にすることができる。

【0085】特に高周波特性の良好なQ値の高いインダクタを得るためには、透磁率の高い材料を充填することが望まれる。例えば、アルミナやMn-Zn系またはNi-Zn系のフェライトなど微粒子を0.1~70重量%程度含有した樹脂組成物を用いることが好ましい。

【0086】また、可撓性のある材料を充填すると、インダクタ自体に可撓性を付与することができる。さらに、絶縁部分を樹脂とすることで、配線基板との熱膨張差を低減し、チップインダクタ/配線基板間の剥離を抑えることができる。絶縁部分の材料は、誘電率 $\epsilon$ が4以下であるものを用いることが望ましい。具体的には、シロキサン系樹脂、ポリテトラフルオロエチレン等のフッ素含有ポリマーなどが挙げられる。それにより高周波特性に優れたインダクタを得ることができる。また、前記多孔質絶縁体としては、インダクタを搭載する基板の材質に熱膨張係数がほぼ等しい材料を用いることも望ましい。

【0087】また、引き出し線を含む導電パターンを、多孔質絶縁体シートに一度に複数単位形成した後、インダクタ1単位ずつカッティングして作製してもよい。特に、上述したようなパターンめっき手法を採用した場合には、微細で高精度なビア形状や配線形状を多孔質絶縁体シートに一度に形成することができる。したがって、2010形状(縦2.0mm、横1.0mm)や1005、0603形状等の小型化に対応したチップインダクタアレイを、任意の大きさの多孔質シート内に多数個作製することによって低コスト化を図ることが可能となる。

【0088】以上説明したように、本発明にかかるインダクタは、薄膜型の形状を有しているので高密度実装に対応し、導電部分の厚みを確保できることに起因して導体抵抗が低くすることが可能である。こうした本発明のインダクタは、高インダクタンス特性を有する積層型と比較すると、モノリシックな構成であるために応力による特性劣化の心配が無く、低コストで作製できる。しかも、多孔質絶縁体シートにおける導電パターン以外の領域に樹脂等を充填することによって、本発明のインダクタにおいては配線基板との熱膨張差が低減されるので、チップインダクタ/配線基板間の剥離を生じることはない。

【0089】このように本発明のインダクタは、高密度実装が可能な優れたチップインダクタとして用いることができるのみならず、インダクタ素子内蔵基板として用いることも可能である。

【0090】

【発明の実施の形態】以下、実施例に基づいて本発明を具体的に説明するが、本発明はこれらの実施例のみに限

定されるものではない。

【0091】(実施例1)多孔質絶縁体シートとして、PTFE多孔質フィルム(空孔径500nm、膜厚20 $\mu$ m、空孔率80%)を用意した。一方、ナフトキノンジアジド含有フェノール樹脂(ナフトキノンジアジド含有率;33当量mol%)をアセトンに溶解して、1wt%のアセトン溶液を調製した。得られた感光剤溶液を、前述のシートにディップ法によりコーティングしたところ、多孔質の穴の中も含めて、内部空孔表面が感光性組成物で被覆された。

【0092】このシートに対して、CANON PLA 501を用い、スパイラル状のパターンが設けられたマスクを介して波長436nm、1200mJ/cm<sup>2</sup>の照射量で露光し、露光部にイオン交換性基を生成させた。これにより、感光性組成物層には、イオン交換性基からなるパターン潜像が形成された。

【0093】こうした多孔質絶縁体シートを、0.5Mに調整した硫酸銅水溶液に5分間浸漬後、蒸留水による洗浄を3回繰り返した。続いて、水素化ホウ素ナトリウム0.01M水溶液に30分間浸漬後、蒸留水で洗浄して、多孔質絶縁シートにCuからなる導電パターンを形成した。

【0094】導電パターンが形成された多孔質絶縁体シートを、さらに無電解銅メッキ液PS-503に30分間浸漬して導電部分に銅メッキを施すことによって、スパイラル状の導電パターンを形成した。このとき、配線様の導電部分の厚さは、約20 $\mu$ mであった。

【0095】さらに、多孔質絶縁体シート内に残存する空隙には、アルミナ微粒子を5重量%含有したエポキシ樹脂を含浸して埋め込んだ。その後、所定の大きさにカッティングし、外部電極接続用に引き出された面にNiメッキを施して、本実施例のインダクタを作製した。

【0096】得られたインダクタのインダクタンスは15nHであった。

【0097】(実施例2)図3に示すようなハーフトーンマスクを用いて、多孔質絶縁体シートの両面に露光を施した以外は、実施例1と同様の手法により本実施例のインダクタを作製した。

【0098】ここで、用いたマスクについて詳細に説明する。図3(a)に示すように、表面露光用マスク20aには、多孔質絶縁体シートの表面に非貫通の導電パターンの領域を感光するための第1の方向に延びた光透過抑制領域21および、シート表裏の導電パターンを繋ぐビア様の領域を感光するための光全透過領域22が形成されている。このマスク20aにおいては、ビア様の領域を感光するための光全透過領域22は白抜きパターンとして、非貫通用の領域を感光するための光透過抑制領域21はハーフトーンから形成した。この時、ハーフトーン部分の光透過率は30%に設定した。

【0099】一方で、図3(b)に示すように、ビア様

17

の領域を感光するための光全透過領域 22 が前述のマスク 20a と重なって、かつ光透過抑制領域 21 が第 2 の方向に延びて隣接のビア領域に繋がった裏面露光用マスク 20b も用意した。

【0100】なお、マスク 20a および 20b においては、ビア様の光全透過領域 22 の大きさおよび配線様の領域の大きさを 0.05mm とし、スペースを 0.1mm に設定した。また、スパイラル両端部においては、外部電極との接続用の引き出し線もハーフトーンにより形成している。

【0101】光全透過領域 22 を合わせてマスク 20a と 20b とを多孔質絶縁体シートの両面に配置し、露光を行なうことによって導電パターン形成領域を感光した。さらに、実施例 1 と同様にメッキ等の処理を施して、本実施例のインダクタを作製した。

【0102】得られたインダクタのインダクタンスは 22nH であった。

【0103】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、薄膜型の形状を有し、導電部分の厚みを確保するとともに応力歪を防ぎ、しかも低コストで製造可能なインダクタが提供される。

【0104】本発明は、近年の電子機器等の軽薄短小化

18

に伴ない、それらを構成する各種電気電子部品の高集積化や小型化、または、高周波にも対応した小型表面実装チップインダクタとして特に好適に用いることができる。また場合によっては、インダクタ素子内蔵基板として用いることも可能であり、その工業的価値は絶大である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の一実施例にかかるインダクタの一例の概略を表わす断面図。

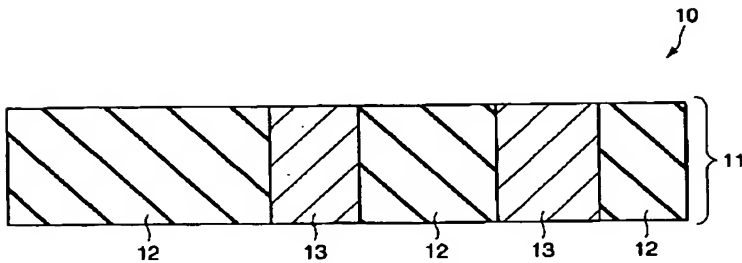
10 【図 2】本発明の一実施例にかかるインダクタの一例の概略を表わす斜視図。

【図 3】実施例 2 で用いたマスクの構成を説明する概略図。

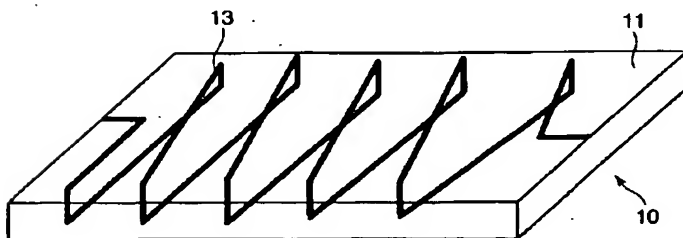
【符号の説明】

- 10…インダクタ
- 11…多孔質絶縁体シート
- 12…導電部分
- 13…絶縁材料部分
- 20a…表面露光用マスク
- 20b…裏面露光用マスク
- 21…光全透過領域
- 22…光透過抑制領域

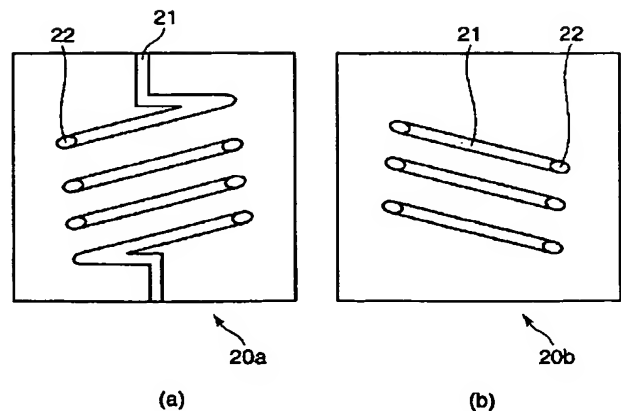
【図 1】



【図 2】



【図 3】



## フロントページの続き

(72)発明者 平岡 俊郎  
神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株  
式会社東芝研究開発センター内  
(72)発明者 浅川 鋼児  
神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株  
式会社東芝研究開発センター内

(72)発明者 真竹 茂  
神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株  
式会社東芝研究開発センター内  
(72)発明者 岸本 泰一  
埼玉県川口市領家 5-14-25 東芝ケミカ  
ル株式会社技術開発センター内  
(72)発明者 入江 美和  
埼玉県川口市領家 5-14-25 東芝ケミカ  
ル株式会社技術開発センター内  
Fターム(参考) 5E044 AD02